

ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ИСПЫТАТЕЛЯ (ВОДИТЕЛЯ) НА ТРАНСПОРТЕ

Г.Н. Рейзина, докт. техн. наук, профессор, Т.Н. Микулик, инженер (БНТУ); А.И. Бобровник, докт. техн. наук (БГАТУ); А.Г. Стасилевич, гл. конструктор (РУП «МТЗ»)

Аннотация

Проведен анализ выполненных экспериментальных исследований физиологического состояния испытателя (водителя) при работе на тракторах «Беларус-1221/2025/2025ДВ». Предложены параметры факторов физиологических состояний, оценка ощущений водителя на вибрационную мощность, целесообразность внедрения диагностики. Приводятся результаты моделирования.

The analysis of practical experiments on physiological condition of a driver on the wheel tractor is given. The factors of physiological conditions during the work of tractor have been proposed. Analytic dependence which allows predicting feelings of a driver on vibrations are received. The article considers reasonability of adoption a diagnosis. The results of system modeling are given in the article.

Введение

Функция водителя в системе «водитель – колесная машина – дорога» по содержанию заключается в ориентации колесной машины в пространстве и времени при заданных или выбранных переменных движения и обеспечении его безопасности. К переменным движения относятся характеристики дорожных условий, нагрузка и режим движения. Функция водителя в системе – реализация управления движением колесной машины.

Надежность рассматриваемой системы проявляется в способности обеспечивать выполнение заданных функций. Отказ системы «водитель – колесная машина – дорога» обусловлен физиологическими возможностями испытателя (водителя), конструктивными, технологическими, эксплуатационными показателями колесной машины и дорожными условиями [1, 2]. Согласно статистическим данным, значительная часть отказов связана с действиями водителя, его работоспособностью и готовностью действовать в экстремальных условиях [2, 8].

Цель настоящей работы – создание устройства, способного информировать водителя о его физиологическом состоянии и качестве его действий для устранения аварийной ситуации в конкретных условиях движения.

Технически подобные задачи может решить бортовая компьютерная система, дающая водителю информацию о его физиологическом состоянии в конкретных дорожных условиях и предупреждающая его об опасности.

Внедрение таких систем позволило бы существенно снизить утомляемость водителя, которая часто является причиной аварии, связанной с неадекватной оценкой водителем возможностей автотранспортных средств, а также повысить привлекательность, конкурентоспособность изделия, качество выполняемых технологических операций.

Основная часть

Известен способ регистрации состояния водителя [1] по сигналам датчиков давления (нагрузки), ко-

торые размещены в горизонтальной части и в задней спинке сиденья водителя. Эти датчики подключены к блоку обработки изменения, сигналы с которого поступают на вход блока регистрации и анализа, а с него – в блок информации и команд.

Недостатком этого способа является необходимость использования дополнительных встраиваемых датчиков для непрерывного съема и записи ответной реакции водителя на возмущение.

Также известен способ диагностики уровня бодрствования человека [1]. Он основан на измерении параметров электрического сопротивления кожи, при котором измеряют скорость изменения электрического сопротивления кожи, регистрируют зависимость скорости изменения электрического сопротивления кожи от времени и участки этой зависимости с отрицательным значением скорости, превышающим пороговый уровень. Измеряют интервалы между передними фронтами соседних участков, и по величине этих интервалов судят об уровне бодрствования человека. При этом большей величине интервала соответствует меньший уровень бодрствования, а меньшей величине интервала – больший уровень бодрствования.

Разработан способ диагностики функционального состояния водителя [1, 3] на основе регистрации изменения показателей физиологического состояния водителя, их анализа и выдачи либо предупреждающего сигнала, либо вмешательства в управление транспортным средством. В качестве показателя физиологического состояния водителя используют, так называемые, кожногальванические реакции, т.е. электрическое сопротивление кожи водителя. При этом проверяют, входит ли значение данного показателя в заранее установленный для него диапазон. И если оказывается, что он вышел из этого диапазона, то состояние водителя считается опасным. О появлении признаков засыпания судят по тревожному сигналу. В этом случае водитель, если он в «норме», должен отреагировать нажатием кнопки. А если нажатия нет, то это означает, что функциональное состояние не в

«норме». Этот способ вызывает необходимость предварительной экспертной оценки контрольного времени срабатывания тестового воздействия на объект.

Для обеспечения оперативного функционального (рабочего) диагностирования водителя, управляющего автотранспортным средством, авторами предлагается при диагностике его функционального состояния регистрация изменений показателей физиологического состояния водителя, их анализ и выдача либо предупреждающего сигнала, либо вмешательства в управление автотранспортным средством. В качестве показателя физиологического состояния водителя предлагается использовать индекс напряженности, определяемый по частоте сердечных сокращений, снятых с ладоней с помощью прибора-анализатора частоты пульса с оценками «хорошо», «удовлетворительно», «плохо» (рис. 1).

В Белорусском национальном техническом университете совместно с РУП «МТЗ» выполнены исследования функционального состояния водителя (испытателя) в процессе его профессиональной деятельности с учетом виброизоляции рабочего места на тракторах «Беларус-1221/2025/2025ДВ», влияния на организм водителя сложного комплекса условий, связанных с его деятельным состоянием.

Информации о каких-либо физиологических исследованиях испытателей (водителей), выполненных непосредственно в процессе их профессиональной работы, недостаточно, не обсуждается вопрос и об использовании для этой цели биометрии или иных специальных методических подходов.

Современная физиологическая технология – компьютерное биотехническое управление – сочетает две возможности: диагностику и коррекцию, превращая тем самым водителя из обычного пассивного

объекта в активного субъекта.

Что касается профессии испытателя, то наибольшую нагрузку в процессе работы несет центральная нервная система (функция восприятия и переработки информации, выполнение алгоритма работы) и нервно-мышечный аппарат (реализация алгоритма работы, поддержание рабочей позы и др.). Они являются оперативными звеньями функциональной системы испытателя. На основании материалов VII Всероссийского конгресса, зарубежных авторов, разработок БГУ [3, 4] номенклатура физиологических параметров производилась следующим образом: из числа используемых в физиологии труда параметров выбирались только те, которые можно получить непосредственно на рабочем месте испытателя без отвлечения его от работы и которые можно представить в виде электрических сигналов. Такими показателями (факторами) являются следующие параметры:

- частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин;
- вариационный размах пульса (ВР), с;
- амплитуда моды сердечного ритма (АМ₀);
- индекс напряжения регуляторных систем (ИН).

ВР – разность времени между максимальным и минимальным интервалами сердечных сокращений за исследуемый период времени (набор 12–16 ударов сердца). Если организм не утомлен, то вариабельность составляет 0,15–0,25 с у молодых тренированных людей, 0,25–0,30 с – у детей, 0,08–0,04 с – у пожилых людей.

АМ₀ – дает представление о состоянии автономной регуляции и взаимосвязи двух отделов вегетативной инервации сердца: симпатической и парасимпатической. Рост АМ₀ иллюстрирует повышение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, снижение – парасимпатического.

Параметр ИН характеризует степень ответствен-

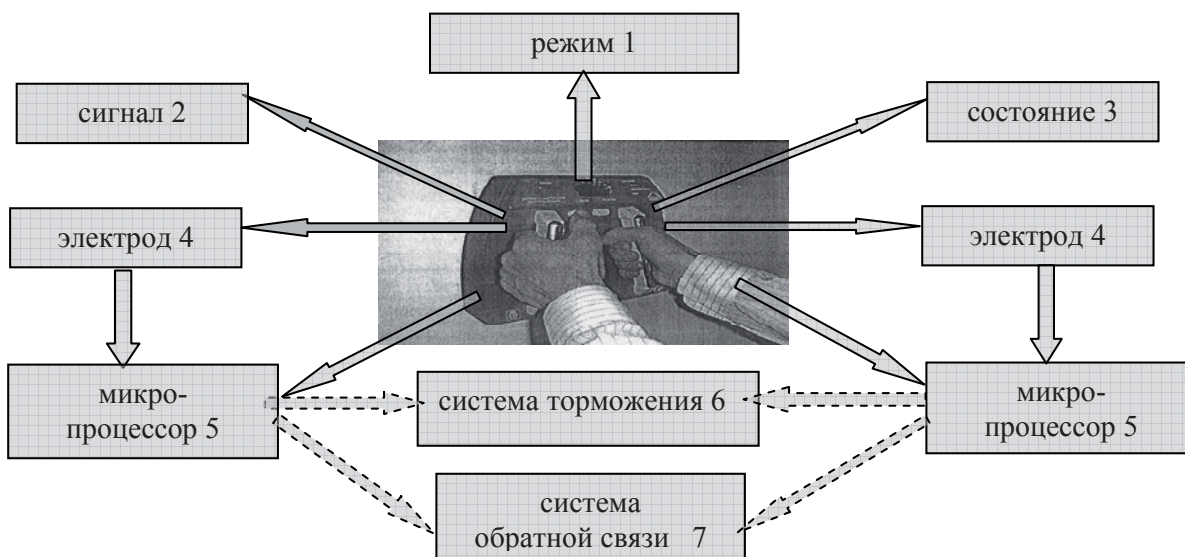


Рис. 1. Блок-схема для диагностики функционального состояния водителя:

1 – жидкокристаллический индикатор, указывающий режим работы; 2 – экспресс-анализатор частоты пульса; 3 – светодиодный индикатор для указания состояния водителя, определенного по результатам измерений: «хорошо», «удовлетворительно», «плохо»; 4 – ручки-электроды; 5 – микропроцессор; 6 – система торможения; 7 – система управления упругодиссипативными связями подвески на основе биообратной связи

ности за реакцию организма в момент высоких физических напряжений и стрессов.

На базе прибора «Олимп» [5] был проведен мониторинг функционального состояния оператора на пахоте и на транспорте на грунтовых дорогах в состоянии покоя, после 4 часов работы и в конце смены. Действие прибора основано на анализе электрокардиограммы, снимаемой с ладоней оператора. Являясь аттестованным средством измерений, прибор анализирует ритм сердца и рассчитывает вышеуказанные параметры: ЧСС, ВР, АМ₀, ИН. Качественная оценка функционального состояния водителя «хорошо», «удовлетворительно», «плохо» выводится на дисплей (диагностика занимает не более 3–5 мин) центральной части панели с помощью светодиодных индикаторов.

Для выявления и описания зависимостей между вибрационной мощностью [6], подводимой к месту крепления сиденья и физиологическими параметрами испытателя (водителя) в конкретных условиях эксплуатации транспортного средства, использован метод корреляционного анализа:

$$W(\omega, \eta) = f(\text{ЧСС}, \text{ВР}, \text{АМ}_0, \text{ИН}),$$

где W – вибрационная мощность;

ω – частоты;

η – коэффициент демпфирования.

Корреляция определяет степень пропорциональности между двумя переменными и называется парной корреляцией. При исследовании зависимости между двумя переменными, измеренными в интервальной шкале, наиболее подходящим является коэффициент Пирсона (r), называемый также линейной корреляцией [7].

Для определения коэффициентов корреляции использовался программный пакет анализа данных «Statistica». Исходные данные для определения корреляции представлены рабочей матрицей в табл. 1.

Таблица 1. Рабочая матрица для определения коэффициентов корреляции

Интервал варьирования и уровень факторов	ЧСС	ВР	АМ ₀	ИН	W
Нулевой уровень	80	6	0,7	110	6,0
Интервал варьирования	10	1,2	0,1	40	1,0
Нижний уровень $x_i = -1$	60	4,8	0,6	70	5,0
Верхний уровень $x_i = +1$	90	7,2	0,8	150	7,0
Факторы	x_1	x_2	x_3	x_4	

Согласно экспериментальной статистике, исследуемые величины имеют достаточную корреляционную зависимость, если коэффициент $r \geq 0,6$. Однако коэффициент корреляции указывает только на линейную зависимость между переменными. Оценкой надежности определенных зависимостей между факторами выборки является α – статистический уровень значимости. Принято считать, что $\alpha = 0,05$ (вероятность ошибки 5 %) – приемлемая граница статистической значимости.

Обработка данных таблицы показывает, что оценка состояния водителя (испытателя) по мощности колебаний имеет положительную корреляцию,

линейная зависимость которой в кодированных значениях факторов имеет вид:

$$W(\omega, \eta) = 0,04 + 0,27 x_1 + 0,08 x_2 + 0,14 x_3 + 0,18 x_4.$$

Основное преимущество предлагаемой оценки по вибрационной мощности состоит в том, что она позволяет рассматривать действия колебаний, происходящих с различными частотами.

Заключение

Предложенная диагностика определения воздействия автотранспортного средства на физиологическое состояние водителя является, с одной стороны, системой предупреждения утомляемости, что повысит активную безопасность водителя, с другой стороны, может служить дополнительной оценкой качества конструкторских и эргономических решений, сигналом для системы управления машинотракторным агрегатом на основе биотехнической связи в системе «водитель – колесная машина – дорога».

Мониторинг функционального состояния позволяет иметь научные результаты, способствующие совершенствованию конструкции, эргономики и престижности отечественной автотракторной техники, росту ее конкурентоспособности на рынке благодаря обоснованной рекламе и отзывам специалистов, занимающихся ее эксплуатацией, испытаниями, маркетинговыми исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарабакин, В.С. МТТУ 2МАМИ. Системы оценки уровня «бодрствования» водителей АТС/ В.С. Тарабакин, А.В. Анимов // Автомобильная промышленность, 2009. – № 2. – С. 16-17.
2. Амельченко, Н.П. Подвеска сиденья водителя колесного трактора/ Н.П. Амельченко, В.А. Ким; под ред. И.С. Сазонова. – Могилев, 2006. – 180 с.
3. Материалы VII Всероссийского конгресса «Профессия здоровья» / Академия управления при администрации Президента Российской Федерации. – М., 2008. – 670 с.
4. Ярмолинский, В. И. Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года/ В.И. Ярмолинский// Материалы X юбилейной Международной выставки «НИ-ТЕСН» –высокие технологии, инновации, инвестиции. – С-Пб., 2005. – С. 503.
5. Экспресс-анализатор частоты пульса: ТУ РБ 28909783.004-98. г. Сертификат Госстандарта Республики Беларусь № 2444 от 31.07.2003 г.
6. Вибрационная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.012–90 СС БТ. – М., 1990. – 46 с.
7. Харин, Ю.С. Прикладной регрессионный анализ: в 2 кн./ Ю.С. Харин; пер. с англ.– 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1986. – Кн. 1. – 366 с.
8. Савченко, В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов транспортных систем «человек–машина»/ В.В. Савченко// Весці НАН Беларусі: сер. фіз-тэхн. навук, 2005. – № 2. – С. 9–37.